

PENCIRIAN DAN AKTIVITI ANTIBAKTERIA ENDOFIT *Streptomyces* sp. DARI HUTAN SIMPAN PENYELIDIKAN UKM BANGI

ZIN, N.M.^{1*}, NUR FAIZAH, A.B.¹, AISHAH, I.¹, BABA, M.S.¹ dan SIDIK, N.M.²

¹Pusat Pengajian Sains Diagnostik & Kesihatan Gunaan, Fakulti Sains Kesihatan,
Universiti Kebangsaan Malaysia, 50300 Kuala Lumpur, Malaysia

²Pusat Pengajian Biosains dan Bioteknologi, Fakulti Sains dan Teknologi,
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

*E-mail: noraziah.zin@ukm.edu.my

ABSTRAK

Endofit yang bersimbiosis dengan tumbuhan merupakan mikroorganisma yang terdapat dalam satu sistem jaringan tumbuhan seperti pada akar, daun, batang atau ranting. Ianya dapat menghasilkan metabolit sekunder yang berpotensi untuk digunakan dalam bidang kesihatan sebagai sumber penghasilan antibiotik. Kajian ini bertujuan memencilkan endofit *Streptomyces* sp. daripada pelbagai tumbuhan ubatan endemik. Kesemua pencilan telah dikenalpasti melalui pemerhatian secara makroskopik dan mikroskopik. Sebanyak 28 pencilan (32%) yang bercirikan *Streptomyces* sp. telah berjaya dipencilkan menggunakan media pemencil ISP2. Kesemua pencilan adalah bergram positif, mempunyai filamen bercabang serta berbau tanah yang merupakan ciri penting *Streptomyces* sp. Daripada pemerhatian secara makroskopik, didapati kebanyakan koloni yang terbentuk mempunyai permukaan yang tidak rata serta bersifat kering berkapur. Warna miselium udara pencilan adalah berbeza iaitu kelabu, putih kuning, putih serta hijau kelabu. Selain itu, warna miselium substrat ialah putih kuning, coklat, jingga tua, hijau zaitun dan kelabu muda. Amat menarik kerana terdapat beberapa pencilan yang berbeza cirinya telah dipencilkan daripada pokok yang sama. Selain dari itu, terdapat beberapa pencilan yang mempunyai aktiviti antibakteria yang memberikan perencatan 100% terhadap bakteria ujian.

Kata kunci: Endofit, *Streptomyces*, antimikrob

ABSTRACT

Symbiotic endophytic microorganisms to the plant can be found in a network system of plant roots, leaves, stems or twigs. Its produced secondary metabolites which are potential sources in the health field as antibiotics producer. The aim of this study is to isolate endophytic *Streptomyces* sp. from various medicinal plants in an endemic area. All isolates were identified through macroscopic and microscope observation. A total of 28 isolates (32%) with *Streptomyces* sp. characterization were successfully isolated using a specific media, ISP2. All strains are gram positive with branched filament and earthy essential odors which are characteristic of *Streptomyces* sp. From macroscopic observation, colonies formed mostly uneven and dry calcareous. Aerial mycelium of isolates showed different colors which were gray, white, yellowish, and grayish green. Nevertheless, the substrate mycelium showed white yellowish, brown, dark orange, olive green and light gray in color. It is interesting that some distinct characteristics of isolates were isolated from the same plant. Apart from that, numbers of isolate have the antibacterial activity with 100% inhibition against test bacteria.

Key words: Endophytes, *Streptomyces*, antimicrobes

PENDAHULUAN

Hutan Simpan Kekal Bangi yang terletak berhampiran kampus induk Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) merupakan hutan simpan yang

kaya dengan kepelbagaian biologi. Hutan simpan ini telah direkodkan mengandungi 600 spesies flora serta lebih daripada 800 spesies fauna. Oleh yang demikian ia telah menjadi daya penarik kepada para penyelidik untuk mengkaji khazanah bumi yang terdapat dalam hutan ini.

* To whom correspondence should be addressed.

Endofit mikroorganisma berupaya mengkoloni lebih daripada satu spesies tumbuhan dan tidak terhad pada bahagian tisu tertentu (Gimenez *et al.*, 2007) pada satu perumah yang terdapat pada habitat yang sama (Huang *et al.*, 2008). Walau bagaimanapun, kewujudan endofit ini tidak memberikan kesan negatif pada perumah (Bacon dan White, 2000) di mana ianya bersimbiosis dengan tumbuhan perumah dengan memberi perlindungan daripada serangan kulat, bakteria, serangga dan nematod (Gimenez *et al.*, 2007). Endofit juga mampu mencetuskan modifikasi fisiologi perumah dan menjadikan ia lebih tahan terhadap perubahan persekitaran. Menurut Schulz *et al.* (2002), banyak endofit yang berupaya menghasilkan bahan yang boleh dijadikan antibiotik yang lebih selamat dan lebih ekonomi (Strobel, 2003).

Secara semulajadinya, *Streptomyces* boleh dipencil daripada tanah dan kini didapati secara meluas pada tumbuhan (Thongchai *et al.*, 2005; Zin *et al.*, 2007). *Streptomyces* endofit merupakan entiti baru bagi pencarian sebatian bioaktif di mana kajian ini memberi tumpuan kepada *Streptomyces* spp. kerana mereka merupakan penghasil utama pelbagai metabolit sekunder (Penka *et al.*, 2002). *Streptomyces* dikenali sebagai kulat berpintal oleh Hopwood (2007) dan dibezakan berdasarkan miselia yang bercabang (Marco *et al.*, 2007). *Streptomyces* spp. berkeupayaan untuk menghasilkan metabolit sekunder termasuk antibiotik dan sebatian bioaktif yang berharga untuk perubatan manusia, veterinar serta pertanian dan alat biokimia yang unik (Strobel dan Daisy, 2003; Yadav *et al.*, 2009). Kepelbagaian struktur diperhatikan dalam metabolit sekunder yang merangkumi bukan sahaja sebatian antibakteria, antikulat, antiviral dan antitumor, tetapi juga metabolit yang bersifat penindas imun imunosupresif, anti-hipertensi, anti-tripanosoma (Zin *et al.*, 2011) dan bahan anti-hiperkolesterolemik (Omura *et al.*, 2001).

Berdasarkan potensi penemuan antibiotik baru daripada *Streptomyces* sp., penyertaan dalam ekspedisi penyelidikan Hutan Simpan Bangi ini bertujuan untuk memencilkan endofit *Streptomyces* sp. baru daripada tumbuhan tempatan yang terdapat dalam Hutan Simpan Bangi, mengenalpasti pencilan *Streptomyces* endofit yang diperoleh seterusnya menilai aktiviti antimikrob bagi setiap pencilan yang diperoleh.

BAHAN DAN KAEDAH

Persampelan

Sampel pokok diperoleh daripada tumbuhan yang terdapat pada 4 rintis Hutan Simpan Bangi (Rintis A, Rintis B, Rintis C, Rintis D) dan kawasan sekitar Hutan Simpan Bangi (Forest Margin).

Tumbuhan dipilih dari segi nilai perubatan dan/atau keunikan cirinya. Sampel batang, akar dan bunga (jika ada) dikumpulkan, dimasukkan ke dalam beg plastik dan dibawa ke makmal untuk diproses dalam tempoh 24 jam atau disimpan dalam bilik sejuk bersuhu 4°C.

Pensterilan permukaan

Semua bahagian tumbuhan yang diperoleh dipotong kepada saiz yang lebih kecil sepanjang 3-5 cm dan dibersihkan di bawah aliran air paip bagi menyingkirkan bendasing bersifat makroskop. Kemudian pensterilan permukaan dilakukan bagi menyingkirkan mikroorganisma epifit. Pensterilan permukaan dimulakan dengan merendam sampel tumbuhan di dalam larutan etanol 99% (i/l) selama 60 saat. Ini diikuti dengan larutan sodium hipoklorit (NaClO) 3.5% (i/l) selama 6 minit. Pensterilan diteruskan dengan merendam bahagian tumbuhan di dalam etanol 99% selama 3-5 saat. Kemudian sampel dibilas sebanyak 3 kali menggunakan air suling steril. Keberkesanan prosedur pensterilan permukaan ini dinilai dengan menitisikan air bilasan terakhir pada agar zat makanan (NA). Agar dieram pada suhu 37°C selama 5 hingga 7 hari.

Pemencilan *Streptomyces* sp.

Akar, batang, dahan dan bunga (jika ada) setiap sampel tumbuhan yang telah disteril dibuang kulit luar dan bahagian tisu luar, tengah dan dalam sampel tumbuhan dikulturkan di atas agar pemencilan *Streptomyces* (AIA), agar air (WA) dan agar kasein yis kanji (SYCA) yang telah ditambah asid nalidixik (15 µg/L) sebagai antibiotik dan antikulat sikloheksamid dan nistatin (50 µg/L). Agar dieram selama 4 minggu pada 28°C dan sebarang pertumbuhan *Streptomyces* akan diperhatikan dan dikulturkan semula di atas agar projek *Streptomyces* antarabangsa (ISP2).

Pengecaman *Streptomyces* sp.

Streptomyces sp. endofit yang diperoleh dikenalpasti secara makroskopik serta cerapan di bawah mikroskop menggunakan mikroskop cahaya dengan pembesaran 400x dan 1000x. Antara ciri sifat makroskopik yang diperhatikan adalah bentuk dan warna koloni serta pigmen yang terhasil pada agar ISP2. Seterusnya pewarnaan Gram pada slaid pencilan dan pembentukan spora dilakukan bagi pengecaman *Streptomyces* sp. secara mikromorfologi. Semua pencilan yang menunjukkan ciri-ciri *Streptomyces* sp. disimpan sebagai kultur tulen pada suhu -80°C.

Penyaringan Aktiviti Antimikrob daripada Pencilan *Streptomyces* sp.

Pencilan *Streptomyces* sp. dikulturkan pada kawasan tengah piring agar NA dan dibiarkan

tumbuh sehingga 14 hari pada suhu 28°C. Selepas 14 hari, sebanyak 10 µL bakteria ujian iaitu *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Escherichia coli*, *Methicillin resistant Staphylococcus aureus* (MRSA), *Bacillus cereus*, dan *Salmonella Enteritidis* yang diperolehi daripada koleksi kumpulan penyelidik Novel Antibiotik UKM, berkepekatan 10⁸ cfu/mL dititiskan 1.0 cm daripada koloni *Streptomyces* sp. Peratus perencatan pertumbuhan bakteria ujian dinilai selepas 24 jam. Peratus perencatan dinyatakan dalam rumus seperti berikut:

$$\text{Peratus perencatan (\%)} = \frac{\text{Diameter organisma kawalan} - \text{Diameter organisma ujian}}{\text{Diameter organism kawalan}} \times 100\%$$

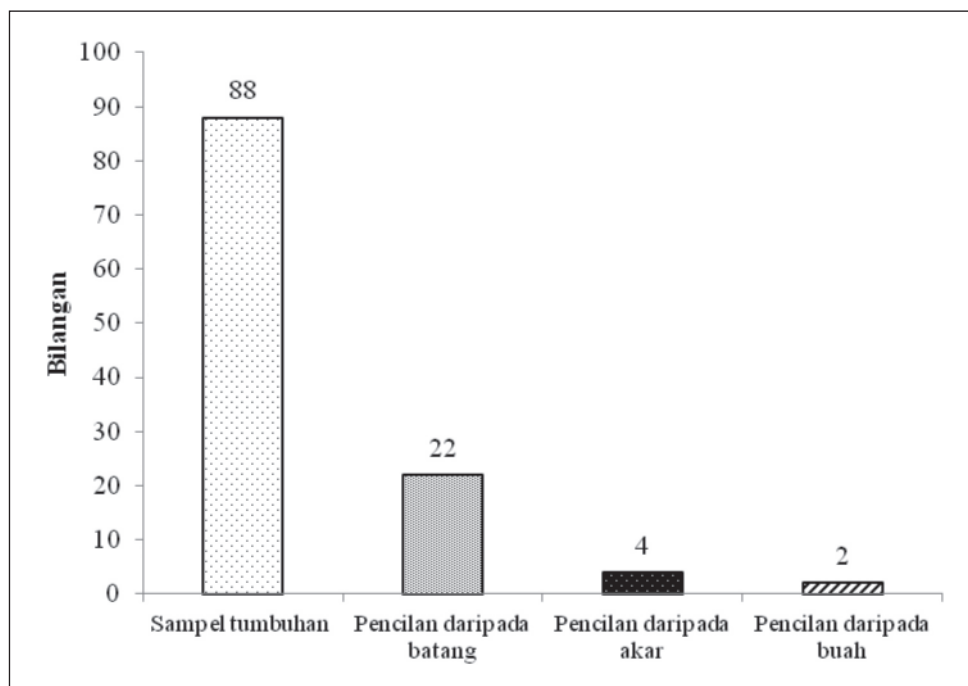
HASIL DAN PERBINCANGAN

Sebanyak 88 sampel tumbuhan telah berjaya diambil daripada 4 rintis ekspedisi. Bilangan sampel tumbuhan yang diperolehi mengikut rintis seperti pada Jadual 1. Kebanyakan sampel pokok telah diperolehi daripada 2 rintis iaitu rintis D (25 sampel) dan pinggir hutan (23 sampel). Kedua-dua rintis ini merupakan rintis yang panjang serta padat dengan kepelbagaian tumbuhan. Faktor ini menjadi penyumbang kepada bilangan tumbuhan yang diperolehi. Kesemua 88 sampel pokok telah dikenalpasti sebagai 48 spesies tumbuhan yang berbeza.

Hasil pemencilan endofit menunjukkan sebanyak 28 (32%) pencilan *Streptomyces* sp. telah berjaya dipencilkan daripada 88 sampel tumbuhan tersebut (Rajah 1). Bahagian tumbuhan memainkan peranan yang penting dalam pemencilan *Streptomyces* endofit iaitu sebanyak 22 pencilan telah berjaya dipencilkan daripada batang, 4 pencilan daripada 21 sampel akar dan 2 pencilan daripada 11 sampel buah. Selain daripada itu, terdapat beberapa pencilan *Streptomyces* yang berjaya di perolehi dari spesies tumbuhan tertentu. Ini dapat diperhatikan pada tumbuhan yang diperolehi daripada rintis A dan B (*Mapania* sp. dan *Brasilla* sp.). Sebanyak 5 pencilan (SUK 37, 38, 39, 40, 41) yang berbeza cirinya telah berjaya dipencilkan dari satu spesies tumbuhan keluarga Rubiaceae dan 2 pencilan masing-masing dari *Piper maingayi* (SUK 31, 32) *Mapania* sp (SUK 33, 34),

Jadual 1. Bilangan tumbuhan yang diperolehi daripada setiap rintis

Hari	Rintis	Bilangan tumbuhan
Pertama	D	25
Kedua	A	16
	B	12
	C	12
Ketiga	Pinggiran hutan	23
Jumlah pokok		88



Rajah 1. Bilangan pencilan *Streptomyces* sp. yang diperolehi daripada bahagian sampel tumbuhan.

Anisophyllea sp (SUK 43, 44), dan Burseraceae (SUK 46, 47) dan *Brasillia* sp. (SUK48, 49) dan *Naphentes gracilic* (SUK 56, 57). Di samping itu, perbezaan jangka masa pertumbuhan untuk setiap pencilan telah diperhatikan. Sebanyak 24 pencilan membentuk koloni setelah 7-14 hari dihidupkan di atas WA (19 pencilan) dan SYCA (5 pencilan) pada suhu 28°C. Tetapi bagi pencilan SUK 51 dan 57, ianya hanya tumbuh di atas WA selepas 2 bulan pengeraman. Sementara itu, pencilan SUK 47 (pengkulturan pada SYCA) dan SUK 58 (pengkulturan pada AIA) hanya tumbuh selepas 4 bulan pengeraman.

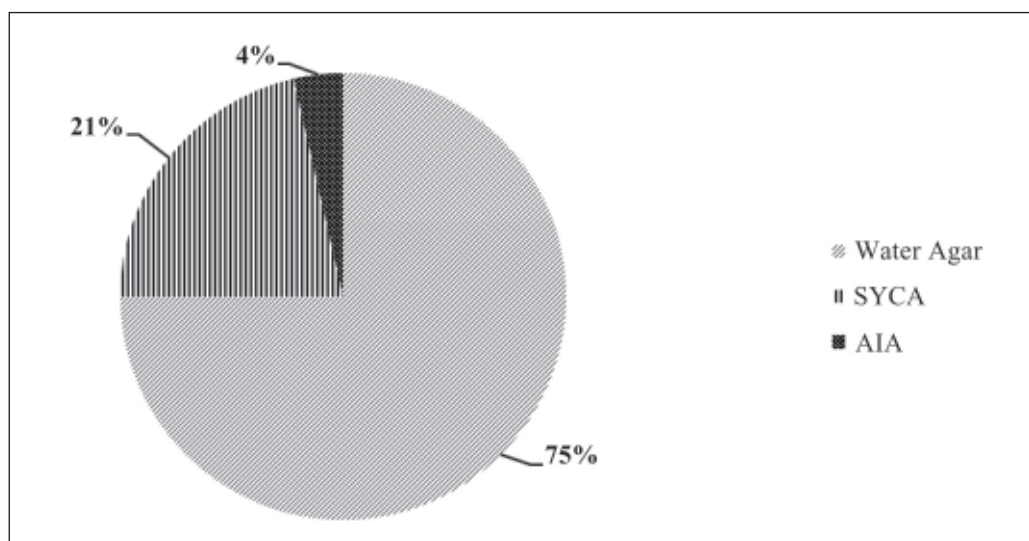
Selain daripada itu, jenis agar juga mempengaruhi pemencilan *Streptomyces* endofit. Dalam kajian ini, tiga jenis agar digunakan iaitu WA, SYCA dan AIA. Sebanyak 21 (73.1%) pencilan berjaya dipencilkan menggunakan WA, manakala 6 (23.1%) isolat dipencilkan menggunakan SYCA dan 1 (3.4%) pencilan dipencilkan menggunakan media AIA (Rajah 2).

Hasil pengecaman terhadap pencilan *Streptomyces* endofit yang diperolehi, didapati pencilan mempunyai ciri-ciri am *Streptomyces* sp., di mana kebanyakan koloni adalah berkapur, miselia aerial yang berselerak, bergranul dan bersalji serta memberikan bau tanah. Daripada segi penghasilan pigmen, tujuh daripada 28 pencilan *Streptomyces* sp. menghasilkan pigmen berwarna seperti jingga tua, perang muda, perang terang serta hitam terang pada agar (Jadual 2). Kesemua pencilan menunjukkan warna miselia aerial yang pelbagai, manakala miselia substrat kebanyakan pencilan adalah putih susu muda iaitu SUK 31, 32, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 56 dan 57. Selain itu terdapat juga yang berwarna perang tua (45, 49, 50 dan 52), perang muda (35, 48 dan 51), jingga tua (SUK 33), jingga kemerahan (SUK 47) dan zaitun tua (SUK

54). Manakala 3 pencilan didapati tiada mempunyai substrat miselia.













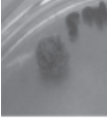





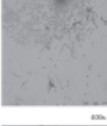

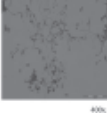
Secara amnya, ciri morfologi *Streptomyces* sp. adalah berlainan antara spesies. Ini disebabkan oleh pelbagai faktor persekitaran yang mempengaruhi pertumbuhan *Streptomyces* sp. seperti media pengkulturan, suhu pengeraman, serta kehadiran karbon dioksida dimana ia mempengaruhi saiz, koloni dan juga penghasilan miselia aerial serta pigmen (Kurup, 1980). Selain itu, pengecaman daripada segi morfologi rantaian spora dapat mengklasifikasikan organisma hingga ke tahap genus (Madigan *et al.*, 2003).

Daripada ujian penyaringan aktiviti anti-bakteria, terdapat beberapa pencilan *Streptomyces* sp. yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai agen antibakteria (Jadual 3). Pencilan SUK 37 merupakan pencilan terbaik dengan memberikan perencatan 100% terhadap kesemua bakteria kajian kecuali *S. enteriditis*. Perencatan 100% juga boleh dilihat pada pencilan SUK 53 semua bakteria ujian kecuali *P. aeruginosa* dan *S. enteriditis*. Manakala pencilan SUK 48 merencat 100% *P. aeruginosa*, *A. baumannii* dan *E. coli* dan SUK 56 terhadap *A. baumannii*, *E. coli* dan MRSA. Di samping itu, pencilan lain yang aktif terhadap MRSA adalah SUK 39, 40 dan 52. Pencilan-pencilan ini amat berguna untuk dikembangkan bagi melawan strain MRSA yang kebanyakan rintang pada dadah yang ada di pasaran sekarang. Hasil kajian juga mendapati pencilan SUK 42 dan 46 boleh dikembangkan sebagai agen anti-*Salmonella*. Pencilan SUK 42 juga mempunyai aktiviti terhadap Gram-positif (*B. cereus*) di samping Gram-negatif (*S. enteriditis*). Kajian lanjut boleh dilakukan untuk melihat mekanisme perencatan oleh metabolit pencilan ini kerana ianya boleh membunuh kedua-dua kumpulan bakteria tersebut.




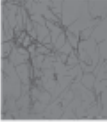



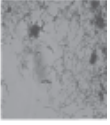

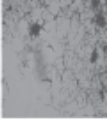

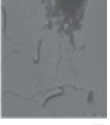

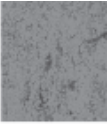







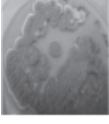


Rajah 2. Bilangan *Streptomyces* endofit yang diperolehi menggunakan 3 media pemencilan yang berbeza.

Jadual 2. Morfologi koloni serta sel bagi pencilan endofit *Streptomyces* sp. yang diperoleh mengikut rintis

Pencilan	Rintis	Nama Tumbuhan (Bahagian)	Morfologi Miselia		Hifa arial	Pigmentasi	Koloni	Ciri mikroskopik
			Arial	Substrat				
SUK 31	D	<i>Piper maingayi</i> (batang)	Kelabu tua berkapur dan dikelilingi dengan bulatan putih	Putih susu muda	RA	Tiada		
SUK 32	D	<i>Piper maingayi</i> (batang)	Putih gebu berkapur	Putih susu muda	R	Tiada		
SUK 33	D	<i>Mapania</i> sp. (batang)	Berkedut, putih kelabu berkapur	Jingga tua	RA	Tiada		
SUK 34	D	<i>Mapania</i> sp. (batang)	Berkedut, kuning muda	Putih susu muda	RA	Tiada		
SUK 50	D	<i>Alseodaphne peduncularis</i> (batang)	Menaik, Putih berbaldu	Coklat tua	R	Perang kehitaman		
SUK 53	D	Rubiaceae (batang)	Kelabu tua berkapur	—	S	Tiada		
SUK 58	D	<i>Ixora javanica</i> (akar)	Berkedut, putih	—				NA
SUK 35	A	<i>Pellacalyx axillaris</i> (batang)	Putih susu tersebar	Coklat muda	R	Tiada		
SUK 36	A	<i>Pteris vittata</i> (batang)	Putih dan berubah sepenuhnya kepada kelabu	Putih susu muda	RA	Jingga tua		
SUK 51	A	<i>Xylopi</i> sp. (batang)	Putih berkapur	Coklat muda tua	RA	Jingga		
SUK 37	A	Rubiaceae (batang)	Kelabu tua berkapur	Putih susu muda	S	Tiada		

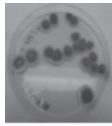



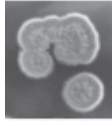

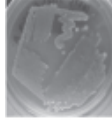
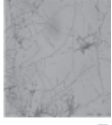

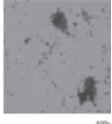
sambungan Jadual 2

sambungan dari Jadual 2

SUK 38	A	Rubiaceae (batang)	Berkedut, putih berkapur dan berubah sepenuhnya kepada hijau zaitun	Putih susu muda	S	Tiada		 400x
SUK 39	A	Rubiaceae (batang)	Menaik, berkedut jingga keputihan	Putih susu muda	F	Tiada		 400x
SUK 40	A	Rubiaceae (akar)	Berkedut, Putih jingga bertukar sepenuhnya kepada putih	Putih susu muda	RA	Perang muda		 400x
SUK 41	A	Rubiaceae (akar)	Berkedut, jingga	Putih susu muda	RA			 400x
SUK 42	A	Euphorbiaceae (batang)	Menaik, berkedut, jingga dan bertukar sepenuhnya kepada putih	Putih susu muda	RA	Jingga tua		 1000x
SUK 43	B	<i>Anisophyllea</i> sp. (batang)	Jingga tua bertukar sepenuhnya kepada putih	Putih susu muda	S	Coklat muda		 400x
SUK 44	B	<i>Anisophyllea</i> sp. (batang)	Putih muda	Putih susu	RA	Jingga tua		 400x
SUK 45	B	<i>Macaranga</i> sp. (batang)	Menaik, berkedut, Jingga muda	Coklat tua	F	Tiada		 400x
SUK 46	C	Burseraceae (batang)	Menaik, putih berkapur	Putih susu muda	S	Tiada		 400x
SUK 47	C	Burseraceae (batang)	Berkedut, merah jingga tua	Jingga kemerahan		Tiada		NA
SUK 55	C	Lauraceae (akar)	Berkedut, kelabu			Tiada		 400x
SUK 48	Pinggiran hutan	<i>Brasillia</i> sp. (buah)	Putih berkapur	Coklat muda	S	Tiada		NA

sambungan Jadual 2

sambungan dari Jadual 2

SUK 49	Pinggiran hutan	<i>Brasillia</i> sp. (buah)	Kelabu berkapur dengan titisan air berwarna jingga	Coklat tua	S	Tiada		
SUK 56	Pinggiran hutan	<i>Naphentes gracilic</i> (batang)	Putih berkapur dan berubah sepenuhnya kepada kelabu	Putih susu muda	F	Tiada		
SUK 57	Pinggiran hutan	<i>Naphentes gracilic</i> (batang)	Kelabu berserbuk dikelilingi bulatan putih	Putih susu muda	RA	Tiada		
SUK 52	Pinggiran hutan	<i>Vitex pinnata</i> (batang)	Putih susu dan berubah sepenuhnya kepada putih berkapur	Coklat muda	F	Tiada		
SUK 54	Pinggiran hutan	<i>Clerodendrum villosum</i> (batang)	Menaik, jingga berkapur berubah sepenuhnya kepada kelabu	Zaitun tua dengan jurang ditengah koloni ke dalam agar	F	Tiada		

Petunjuk ; RA: Retinaculiperti; R: Rectus; F: Flexibilis; S: Spira;
(400x = Pemerhatian dilihat dibawah pembesaran 400X; 1000x = Pemerhatian dilihat dibawah pembesaran 100X)

Jadual 3. Keputusan ujian saringan antibakteria oleh pencilan endofit *Streptomyces* yang diperoleh

Bil	Pencilan	Rintis	Sumber Tumbuhan	Peratus perencatan (%)					
				<i>Peudomonas aeruginosa</i>	<i>Acinetobacter baumannii</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Methicillin-resistant Staphylococcus aureus</i>	<i>Salmonella enteritidis</i>	<i>Bacillus cereus</i>
1.	SUK 31	D	<i>Piper maingayi</i>	—	—	100	75	0	38.46
2.	SUK 32	D	<i>Piper maingayi</i>	—	—	—	—	—	—
3.	SUK 33	D	<i>Mapania</i> sp.	23.33	8.33	30.77	42.86	0	30
4.	SUK 34	D	<i>Mapania</i> sp.	—	—	—	25	11.11	38.46
5.	SUK 35	A	<i>Pellacalyx axillaris</i>	3.33	16.67	30.77	30	11.11	62.5
6.	SUK 36	D	<i>Pteris vittata</i>	0	41.67	38.46	40	0	5
7.	SUK 37	A	Rubiaceae	100	100	100	100	0	40
8.	SUK 38	A	Rubiaceae	62.5	40	40	12.5	0	34.62
9.	SUK 39	A	Rubiaceae	0	0	40	100	0	61.54
10.	SUK 40	A	Rubiaceae	—	—	—	100	11.11	42.31
11.	SUK 41	A	Rubiaceae	56.25	20	40	25	0	38.46
12.	SUK 42	A	<i>Antidesma neurocarpum</i> Miq	37.5	0	0	75	100	100
13.	SUK 43	B	<i>Anisophyllea</i> sp.	—	—	—	—	—	—
14.	SUK 44	B	<i>Anisophyllea</i> sp.	0	0	23.77	0	0	50
15.	SUK 45	B	<i>Macaranga</i> sp.	26.67	0	15.38	0	0	0
16.	SUK 46	C	Burseraceae	57.14	76.92	75	42.86	100	53.85
17.	SUK 47	C	Burseraceae	—	—	—	—	—	—
18.	SUK 48	Pinggiran hutan	<i>Brasillia</i> sp.	100	100	100	40	11.11	55
19.	SUK 49	Pinggiran hutan	<i>Brasillia</i> sp.	—	—	—	—	—	—
20.	SUK 50	D	<i>Alseodaphne peduncularis</i>	—	—	—	0	33.33	23.08
21.	SUK 51	A	<i>Xylopi</i> sp.	50	10	40	15	0	26.92
22.	SUK 52	Pinggiran hutan	<i>Vitex pinnata</i>	—	—	—	100	11.11	28.46
23.	SUK 53	D	Rubiaceae	0	100	100	100	22.22	100
24.	SUK 54	Pinggiran hutan	<i>Clerodendrum villosum</i>	31.25	40	20	—	—	—
25.	SUK 55	C	Lauraceae	37.5	10	40	25	0	26.92
26.	SUK 56	Pinggiran hutan	<i>Naphentes gracilic</i>	0.7	100	100	100	11.11	65.38
27.	SUK 57	Pinggiran hutan	<i>Naphentes gracilic</i>	—	—	—	—	—	—
28.	SUK 58	D	<i>Ixora javanica</i>	—	—	—	—	—	—

KESIMPULAN

Sebanyak 28 (32%) pencilan yang menunjukkan ciri am *Streptomyces* sp. telah berjaya dipencilkan daripada 88 sampel tumbuhan yang diperoleh daripada 2 rintis iaitu rintis D (25 sampel) dan rintis pinggiran hutan (23 sampel). Manakala bahagian tumbuhan yang paling banyak dipencilkan *Streptomyces* sp. ialah daripada batang. Pencilan SUK 37 adalah pencilan terbaik dengan memberikan perencatan 100% terhadap kesemua bakteria kajian kecuali *S. enteriditis*, diikuti oleh SUK 53 terhadap semua bakteria ujian kecuali *P. aeruginosa* dan *S. enteriditis*. Manakala pencilan SUK 48 memberikan perencatan 100% terhadap *P. aeruginosa*, *A. baumannii* dan *E. coli* dan SUK 56 terhadap *A. baumannii*, *E. coli* dan MRSA. Berdasarkan jumlah pemencilan endofit *Streptomyces* serta kajian antibakteria yang dilakukan, dapat disimpulkan bahawa pencilan endofit *Streptomyces* menghasilkan metabolit yang bertindak sebagai agen antimikrob. Secara tidak langsung juga dapat dinyatakan bahawa hutan Malaysia kaya dengan kepelbagaian sumber asli yang berpotensi untuk dijadikan antibiotik dalam perubatan manusia mahupun veterinar. Walau bagaimanapun kajian yang lebih terperinci akan dilakukan bagi mengetahui potensi sebenar pencilan dalam penghasilan agen antimikrob.

PENGHARGAAN

Para Pengarang ingin melahirkan ucapan penghargaan kepada Dana Universiti penyelidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia yang telah membiayai kajian ini di bawah kod projek bernombor DPP-2013-093.

RUJUKAN

- Bacon, C.W. & White, J.F. 2000. *Microbial Endophytes*. Marcel Dekker, New York. 487 pp.
- Gimenez, C., Cabrera, R., Reina, M. & Gonzales-Coloma, A. 2007. Fungal endophytes and their role in plant protection. *Current Organic Chemistry*, **11**: 707-720.
- Hopwood, D.A. 2007. *Streptomyces in Nature and Medicine: The Antibiotic Makers*. Oxford University Press, New York. 277 pp.
- Huang, W.Y., Cai, Y.Z., Hyde, K.D., Corke, H. & Sun, M. 2008. Biodiversity of endophytic fungi associated with 29 traditional Chinese medicinal plants. *Fungal Diversity*, **33**: 61-75.
- Kurup, V.P. 1980. *Micropolyspora brevicatena*. A member of the genus *Nocardia*. *Actinomycetes*, **15**: 208-210.
- Marco, V., Carlos, C., Andreas, T., Govind, C., Gerald, F.F., Chater, C.F. & Douwe, S.V. 2007. Genomics of Actinobacteria: Tracing the evolutionary history of an ancient phylum. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, **71**: 495-548.
- Omura, S., Haruo, I., Jun, I. & Akharu, H. 2001. Genome Sequence of an industrial micro-organism *Streptomyces avermitilis*: Deducing the ability of producing Secondary metabolites. *The National Academy of Sciences*, **98**: 12215-12220.
- Penka, M., Sava, T., Nadzhda, D., Valentina, C. & Nevena, B. 2002. Characteristic of Soil Actinomycetes from Antarctica. *Journal of Culture Collection*, **3**: 3-14.
- Schulz, B., Boyle, C., Draeger, S., Römmert, A.K. & Krohn, K. 2002. Endophytic fungi: a source of novel biologically active secondary metabolites. *Mycological Research*, **106**: 996-1004.
- Strobel, G. & Daisy, B. 2003. Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, **67**: 491-502.
- Thongchai, T., Chunhua, L. & Yuemao, S. 2005. Secondary metabolites from endophytic *Streptomyces aureofaciens* CMUAc 130 and their antifungal activity. *Journal of Microbiology*, **151**: 1691-1695.
- Yadav, A.K., Kumar, R., Saikia, R., Bora, T.C. & Arora, D.K. 2009. Novel copper resistant and antimicrobial *Streptomyces* isolated from Bay of Bengal, India. *Journal of Medical Mycology*, **19**: 234-240.
- Zin, N.M., Sarmin, M.N.I., Ghadin, N., Basri, D.F., Sidik, N.M., Hess, W.M. & Strobel, G.A. 2007. Bioactive Endophytic *Streptomyces* from Malay Peninsula. *FEMS Microbiology Letters*, **274**: 83-88.
- Zin, N.M., Ng, K.T., Sarmin, N.M., Getha, K., Tan, G.Y. 2011. Anti-trypanosomal activity of Endophytic Streptomycetes. *Current Research in Bacteriology*, **4(1)**: 1-8.